

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Инженерная школа энергетики  
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
Отделение (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
АСУ распылением жидкого топлива на примере мазута

УДК 581.51:662.942:662.75

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Филатова Анастасия Станиславовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Озерова Ирина Петровна	к.т.н, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Клемашева Елена Игоревна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, НОЦ им.Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	к.т.н		

**Планируемые результаты выпускника освоения образовательной программы  
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>УК(У)-9</b>	Способен использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
<b>ОПК(У)-2</b>	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией
<b>ПК(У)-2</b>	Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием
<b>ПК(У)-3</b>	Способность участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам
<b>ПК(У)-8</b>	Готовность к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования
<b>ПК(У)-9</b>	Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве

<b>ПК(У)-10</b>	Готовность к участию в работах по освоению, доводке и сопровождению технологических процессов
-----------------	---

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

---

Школа Инженерная школа энергетики  
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель профиля  
Атрошенко Ю.К.

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
5Б7В	Филатовой Анастасии Станиславовне

Тема работы:

АСУ распылением жидкого топлива на примере мазута	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 29-59/с от 29.01.2021 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2021 г.
--	---------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
--------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Анализ объекта автоматизации. 2 Разработка структурной схемы. 3 Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации. 4 Разработка электрической принципиальной схемы. 5 Разработка монтажной схемы внешних проводок. 6 Разработка общего вида щита управления. 7 Расчет оптимальных параметров настройки регулятора и прямых оценок качества системы. 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 9 Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1 Схема структурная. 2 Схема функциональная. 3 Заказная спецификация приборов и средств автоматизации. 4 Схема электрическая принципиальная. 5 Перечень элементов электрической схемы. 6 Схема монтажная внешних проводок. 7 Общий вид щита управления.

#### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Клемашева Елена Игоревна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.2021 г.
--	---------------

#### Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Озерова Ирина Петровна	к.т.н., доцент		

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Филатова Анастасия Станиславовна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 70 с., 8 рис., 24 табл., 20 источников.

Ключевые слова: горение, мазут, распыление топлива, автоматическая система управления, микропроцессорные технические средства автоматизации.

Объектом автоматизации является система топливоподачи прямоточного парогенератора.

Цель работы – разработка автоматической системы управления процессом распыления жидкого топлива на примере мазута.

В процессе выполнения работы проводился анализ объекта автоматизации, составление структурной схемы автоматической системы управления процессом распыления жидкого топлива, проектирование функциональной схемы, принципиальной электрической и монтажной схем, а также разработка чертежа общего вида шкафа автоматизации, выбор приборов и технических средств автоматизации с последующим составлением заказной спецификации, а так же расчет параметров настройки регулятора.

В результате разработана автоматическая система управления процессом распыления топлива на основе современных микропроцессорных средств автоматизации.

Основным преимуществом разработанной системы является способность работать без постоянного присутствия оператора. Система поддерживает установленные параметры и быстро реагирует на возмущения.

## Содержание

Введение.....	9
1 Разработка автоматической системы управления.....	10
1.1 Выбор структуры автоматической системы управления.....	12
1.2 Разработка функциональной схемы.....	13
1.3 Выбор технических средств автоматизации .....	15
1.3.1 Выбор датчиков температуры .....	15
1.3.2 Выбор датчиков расхода.....	17
1.3.3 Выбор газоанализатора.....	19
1.3.4 Выбор преобразователя давления .....	20
1.3.5 Выбор регулирующего устройства .....	21
1.3.6 Заказная спецификация.....	24
2 Разработка шкафа управления системы автоматического управления.....	26
2.1 Разработка электрической схемы соединений шкафа управления .....	26
2.2 Разработка монтажной схемы системы автоматического управления .....	27
2.3 Разработка общего вида шкафа управления .....	29
3 Расчет параметров настройки регулятора .....	31
3.1 Идентификация объекта управления.....	31
3.2 Расчет параметров настройки регулятора .....	31
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	41
4.1 Оценка коммерческого потенциала .....	41
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	41
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	41
4.1.3 SWOT – анализ .....	43
4.2 Планирование работ и оценка времени выполнения .....	45
4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта .....	50
4.3.1 Расчет материальных затрат .....	50
4.3.2 Расчет затрат на заработную плату .....	50
4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	52
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды .....	53
4.3.5 Услуги сторонних организаций.....	54
4.3.6 Накладные расходы .....	54
4.3.7 Формирование бюджета затрат проекта.....	54
4.4 Определение эффективности проекта .....	55

4.4.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности .....	55
Заключение по разделу .....	56
5 Социальная ответственность .....	60
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	60
5.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	60
5.2 Производственная безопасность .....	61
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов .....	62
5.2.2 Мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов .....	64
5.3 Экологическая безопасность .....	65
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	66
5.3.1 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	66
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	66
5.4.1 Анализ вероятных ЧС .....	66
5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС .....	67
Заключение по разделу .....	68
Заключение .....	70
Список использованных источников .....	71

Графический материал:	на отдельных листах
ФЮРА.421000.019 С1	Схема структурная
ФЮРА.421000.019 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.019 ЗС	Заказная спецификация
ФЮРА.421000.019 ЭЗ	Схема принципиальная электрическая
ФЮРА.421000.019 ПЭ	Перечень элементов принципиальной электрической схемы
ФЮРА.421000.019 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.019 ВО	Общий вид щита управления



## Введение

Строительство и снабжение временного и мобильного жилья требует особенного к себе внимания. Существует немало производств, предприятий и месторождений, географические и территориальные особенности которых подразумевают использование автономных систем обеспечения зданий необходимыми для комфортной жизни видами энергии. Мобильные бытовые сооружения используются в качестве жилья для людей, работающих вахтовым методом.

Так как эти объекты удалены от крупных городов, встает вопрос о способе обеспечения в них отопления. Решить эту проблему можно с помощью использования специальных парогенераторов, которые доставляются на место уже в готовом к эксплуатации виде. Парогенераторы оснащаются горелкой, выбираемой в зависимости от вида топлива, которое планируется использовать. Чаще, это наиболее доступные топлива для местности, в которой будет установлен объект.

Проектирование полностью автоматической системы для распыления жидкого топлива на примере мазута в такой парогенератор является целью данной работы.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

- 1) проанализировать объект автоматизации;
- 2) выбрать структуру измерительных каналов и составить структурную схему автоматической системы управления;
- 3) выбрать оборудование и разработать функциональную схему;
- 4) разработать шкаф управления объектом автоматизации;
- 5) выполнить расчет параметров регулятора;
- 6) определить финансовую эффективность разработки проекта;
- 7) изучить нормативную документацию и правила безопасности, которые необходимо соблюдать при обслуживании парогенератора.

## 1 Разработка автоматической системы управления

В работе в качестве объекта автоматизации выступает система топливоподачи прямоточного парогенератора УРАН 3000, который работает в комплекте с мазутной двухступенчатой горелкой. Парогенератор может использоваться для производства пара для технологических нужд, отопления и систем горячего водоснабжения в строительной, нефтедобывающей, пищевой, химической и прочих отраслях промышленности. Данный парогенератор рассчитан на работу в режиме частых пусков и остановок и не имеет ограничений по этому параметру, что позволяет вводить его в работу, когда пар требуется и останавливать при отсутствии необходимости. Парогенератор УРАН выходит из холодного состояния в работу всего за 10 минут, а в горячем состоянии мгновенно. Основные параметры парогенератора представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные характеристики парогенератора УРАН 3000

Максимальная мощность			Максимальный расход топлива, кг/час	Размеры (В×Ш×Д, мм)	Давление пара, МПа	Температура, °С	КПД, %
кг/час	кВт	Гкал/час					
3000	2100	1,81	230	2100×1440 ×8500	До 1,3	До 195	92

Парогенератор представляет собой водотрубный прямоточный пароводогрейный котел с малым водяным объемом змеевика. Вода, поступившая в змеевик, нагревается пламенем горелки, превращается в пар и под давлением поступает на выходной патрубок котла. На фланце парогенератора установлен фланец горелки. К горелке подключен трубопровод подачи воздуха и трубопровод подачи жидкого топлива. Схема гидравлическая принципиальная горелки и схематичное изображение парогенератора представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

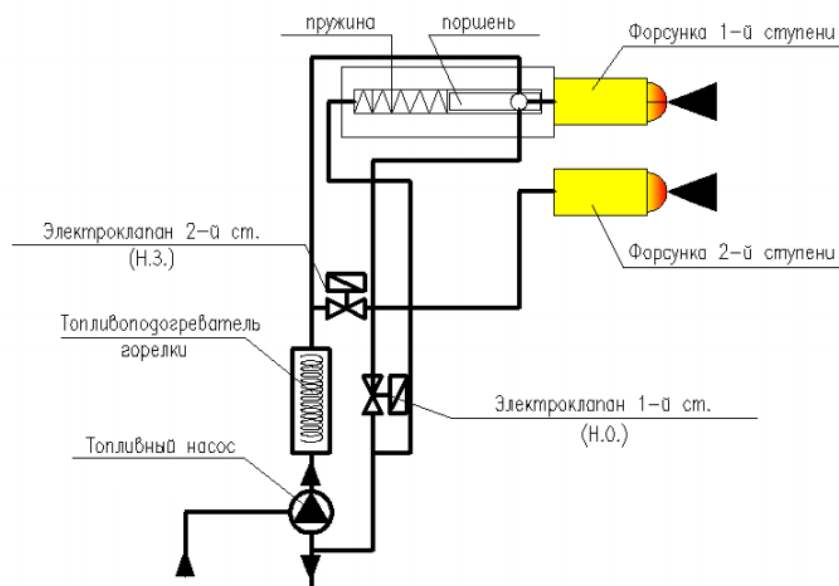


Рисунок 1.1 – Схема горелки гидравлическая принципиальная

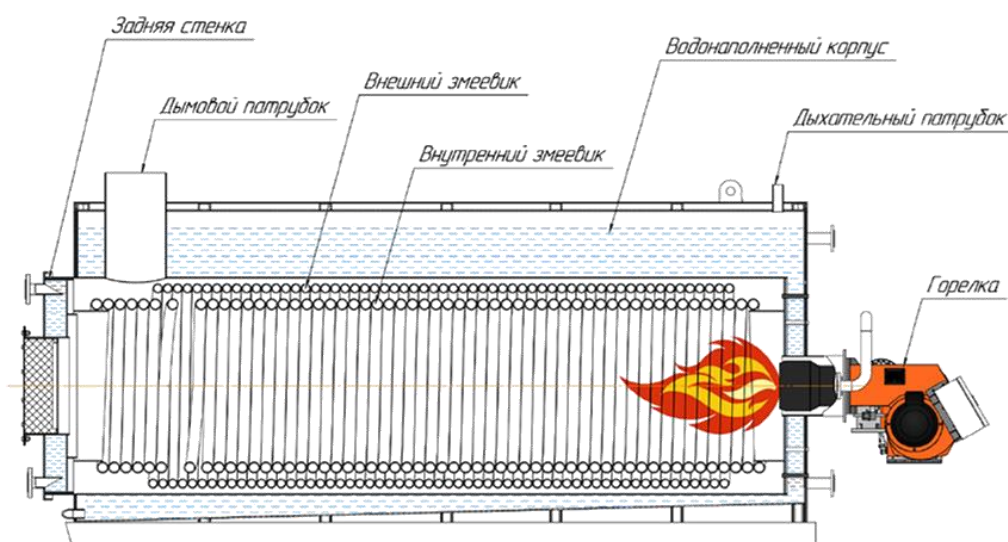


Рисунок 1.2 – Схематичное изображение парогенератора УРАН 3000

Особенностью парогенераторов, работающих с горелкой на мазутном топливе, является то, что топливо необходимо подогревать, так как вязкость мазута увеличивается при уменьшении температуры, из-за чего уменьшается текучесть и появляется затруднение с транспортировкой топлива по трубопроводу.

Учитывая особенности объекта автоматизации можно сформировать основные требования, которым должна соответствовать проектируемая автоматическая система управления:

- работа в автоматическом режиме без постоянного присутствия оператора;
- дополнительный подогрев топлива чтобы избежать увеличения его вязкости;
- быстрая реакция системы на изменение контролируемых параметров.

Кроме требований, одной из основных задач, связанной с автоматизацией парогенератора, является регулирование экономичности процесса горения. Топливо должно сгорать, по возможности, в полном объеме и потери выделившегося тепла при его передаче поверхностям нагрева должны быть минимальны.

### 1.1 Выбор структуры автоматической системы управления

Наиболее типичными системами регулирования процесса горения являются АСР типов «топливо-воздух», «тепло-воздух» с параллельным воздействием на воздух, «тепло-воздух» с последовательным воздействием на воздух [1].

В системе «топливо-воздух» используются расходомеры для топлива и воздуха, которые отдают сигналы на регулирующее устройство, управляющее исполнительным механизмом, а так же газоанализатор, который определяет содержание кислорода в уходящих дымовых газах. Сигнал с него поступает на регулирующее устройство. Основной задачей при реализации данной схемы является поддержание требуемого коэффициента избытка воздуха для нормального протекания процесса горения.

В системе «тепло-воздух» с последовательным и параллельным воздействием на воздух, в отличие от вышеописанной системы, вместо расходомера для топлива используются расходомер для пара и датчик

давления пара на выходе их парогенератора, которые косвенно характеризуют расход топлива. Два этих сигнала поступают на регулирующий орган, который выдает задание для регулятора воздуха. В этих системах используются косвенные оценки качества горения, которые зависят от ряда технологических параметров, что является их недостатком.

В данной работе регулирование процесса горения осуществляется по схеме «топливо-воздух», поскольку данная система является наиболее простой. В качестве регулирующего устройства выступает программируемый логический контроллер.

Помимо расходомеров для топлива и воздуха и газоанализатора в системе для управления распылом жидкого топлива присутствуют четыре датчика температуры для контролирования температуры в камере сгорания. Датчик давления для измерения текущего давления топлива перед горелкой, два датчика температуры для топлива, которые устанавливаются до греющего кабеля и перед горелкой. Так же в камере сгорания предусмотрен фотодатчик, который отслеживает наличие огненного факела.

Структурная схема системы автоматического управления процессом распыления жидкого топлива представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.019 С1.

## 1.2 Разработка функциональной схемы

Функциональная схема систем измерения и автоматизации является основным техническим документом, который показывает структуру узлов регулирования, контроля и управления технологическим процессом.

При разработке функциональной схемы и выборе технических средств автоматизации должны быть учтены особенности процесса, параметры и свойства технологических сред [2] .

Особенностью процесса является необходимость контролирования температуры топлива для избегания проблем с его транспортировкой по трубопроводу.

Разработанная функциональная схема автоматической системы распыления жидкого топлива представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.019 С2.

Для измерения температуры топлива используются термопреобразователи сопротивления (ТПС) с унифицированным выходным сигналом 1а, 10а. Сигнал с ТПС поступает на вход контроллера, который в случае не соответствия уставке выдает дискретный сигнал управления на включение греющего кабеля или нагревателя в горелке по каналам 2 и 11 соответственно. Расход топлива и воздуха измеряются расходомерами 3а и 4а, унифицированный сигнал с которых так же поступает на вход контроллера. Регулирование расхода топлива и воздуха происходит с помощью клапанов, установленных на каналах 7,8, управляющее воздействие на которые приходит с контроллера. Газоанализатор 19а служит для определения количества кислорода в дымовых газах. В случае не соответствия уставке контроллер подает сигнал управления на воздушный клапан по каналу 8 и частотный преобразователь по каналу 6. С помощью клапанов на каналах 12 и 13 регулируется мощность горелки. Оператор задает необходимую мощность, после чего контроллер, в зависимости от требуемой мощности, выдает сигнал на открытие клапана первой ступени по каналу 12 или второй ступени по каналу 13. Фотодатчик 14а служит для контроля огненного факела горелки и в случае, если горелка работает, а факела нет, выдает сигнал на контроллер об его отсутствии и загорается индикатор аварии. Для контроля температуры в топке используются ТПС с унифицированным выходным сигналом 15а, 16а, 17а, 18а.

Информация, поступающая на ПЛК, обрабатывается в соответствии с заложенным алгоритмом.

### 1.3 Выбор технических средств автоматизации

Система автоматического управления технологическим процессом должна проектироваться с использованием технических средств автоматизации, которые обеспечивают эффективную работу оборудования, непрерывный мониторинг процесса и снижение количества выполняемых персоналом обязанностей за счет автоматизации. Предпочтение должно отдаваться системам с унифицированными сигналами, обеспечивающим простоту сочетания друг с другом и удобство компоновки на щитах.

При выборе первичных измерительных преобразователей важными параметрами являются: диапазон измерений и характеристики выходного сигнала. Также необходимо ограничивать количество технических средств, устанавливаемых на щитах, минимальным набором, обеспечивающим выполнение требуемых функций.

Решения по выбору технических средств автоматизации приведены в заказной спецификации, представленной на листе с шифром ФЮРА.421000.019 ЗС.

#### 1.3.1 Выбор датчиков температуры

В разрабатываемой автоматической системе управления процессом распыления жидкого топлива регистрируется температура в камере сгорания, а также температура топлива до греющего кабеля и перед горелкой. Для измерения температуры в камере сгорания используются четыре датчика температуры. Главным требованием для датчиков температуры, используемых для измерения температуры в камере сгорания, является диапазон измерения (800...1100 °С). Рассмотрим характеристики нескольких термоэлектрических преобразователей, выпускаемых отечественными производителями «Метран» и «Овен» (таблица 1.2) [3, 4].

Таблица 1.2 – Основные технические характеристики термоэлектрических преобразователей для измерения температуры в камере сгорания

Наименование	Тип	Диапазон измерения	Выходной сигнал	Класс допуска	Цена, руб.
Метран-288-Ех1а	ТНН (N)	-50...1200 °С	4...20 мА	2	от 12800
Наименование	Тип	Диапазон измерения	Выходной сигнал	Класс допуска	Цена, руб.
Метран-2700	ТПП (S)	-40...1200 °С	4...20 мА	2	от 15700
Овен ДТПК 155	ТХА (K)	-200...1200 °С	-	2	от 7200

Выберем датчик типа Метран-288-Ех1а (длина монтажной части составляет 100 мм), поскольку выходным сигналом данного датчика является унифицированный токовый сигнал, а также он дешевле, чем Метран-2700. Овен ДТПК 155 наиболее привлекателен с точки зрения цены, однако использование данного датчика требует установки измерительного преобразователя. Выберем 4 термопары типа Метран-288-Ех1а.

Для измерения температуры топлива до греющего кабеля перед горелкой требуется два датчика температуры. Рассмотрим характеристики нескольких термоэлектрических преобразователей (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Основные технические характеристики термоэлектрических преобразователей для измерения температуры

Наименование	Тип	Диапазон измерения	Выходной сигнал	Класс допуска	Цена, руб.
Овен ДТПК075Е	ХА (K)	-40...800 °С	4...20 мА	2	от 10000
Метран-2700	ХА (K)	-50...200 °С	4...20 мА	2	от 15700
Метран-252	ХК (L)	-40...600 °С	-	2	от 2700

Выберем три датчика типа Метран-2700 (длина монтажной части 60 мм), поскольку выходным сигналом данного датчика является унифицированный токовый сигнал, а также он подходит по диапазону измеряемых температур.



### 1.3.2 Выбор датчиков расхода

Для измерения количества сжигаемого топлива необходимо установить расходомер в магистрали подачи топлива. В рамках данной работы рассмотрим 2 расходомера [5, 6], работающих по разному принципу:

- кориолисовый расходомер фирмы «Endress+Hauser» типа Proline Promass 80F;
- ультразвуковой расходомер ГК «Новые технологии» типа РУС-1.

Технические характеристики кориолисового расходомера типа Proline Promass 80F представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Технические характеристики расходомера Proline типа Promass 80F

Наименование	Значение
Токовый выход	4-20 мА; импульсно-частотный
Наименование	Значение
Питание	220 АС
Потребляемая мощность	15 Вт
Диапазон измерения	до 3200 кг/ч
Рабочая температура	минус 50 до плюс 350 °С
Рабочее давление	0...30 МПа

Технические характеристики ультразвукового расходомера типа РУС-1 представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Технические характеристики ультразвукового расходомера фирмы «Новые технологии» типа РУС-1

Наименование	Значение
Токовый выход	4...20 мА
Интерфейс	RS-485
Питание	220 В
Потребляемая мощность	17 Вт
Рабочие условия	-40...+180 °С
Наименование	Значение
Измерение расхода	до 400 кг/ч

Проведя анализ технических характеристик преобразователей расхода, делаем вывод о том, что расходомер типа РУС-1 подходит для нашей системы по диапазону расхода.

Для определения расхода воздуха, поступающего в камеру сгорания требуется установка расходомеров в трубопроводе подачи воздуха рассмотрим 4 расходомера [6-8], работающих по разному принципу:

- вихревой расходомер фирмы «Vortex» типа RWG;
- вихревой расходомер фирмы «Vortex» типа RWG;
- кориолисовый расходомер фирмы «Rosemount» типа Rosemount 205 ICFA;
- струйный расходомер VA 420.

Технические характеристики данных техникий средств измерения расхода представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Основные технические характеристики средств измерения расхода воздуха

Наименование	Диапазон измерения, м <sup>3</sup> /ч	Температура измеряемой среды, °С	Максимальное давление среды	Выходной сигнал	Цена, руб.
Vortex RNG	40...299	-28...150	1,72 МПа	4...20 мА; HART	от 14000
Vortex RWG	0...10	-28...150	1,72 МПа	4...20 мА; HART	от 10000
Rosemount 205 1CFA	до 100	-184...677	25 МПа	4...20 мА; HART	-
VA 420	до 145	-30...80	1,6 МПа	4...20 мА	от 15000

Проведя анализ технических характеристик преобразователей расхода, делаем вывод о том, что расходомер типа Vortex RWG подходит для измерения расхода воздуха. Прибор подходит по диапазону измерения и температуре измеряемой среды.

### 1.3.3 Выбор газоанализатора

Для контроля качества процесса горения в системе предусмотрена установка газоанализатора для контроля содержания кислорода в дымовых газах. Рассмотрим два типа газоанализаторов [7, 8]:

- газоанализатор фирмы «АГАВА» типа АКГ-МП-2П;
- газоанализатор фирмы «ЭКСИС» типа МАГ-6 Т-8-В-16А.

Технические характеристики средств измерения расхода представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Основные технические характеристики газоанализаторов

Наименование	Измеряемые газы	Количество каналов измерения	Выходной сигнал	Цена, руб.
МАГ-6 Т-8-В-16А	аммиак; диоксид азота; диоксид серы; диоксид углерода; кислород; метан;	1	4...20, 0...5, 0...20 мА; RS-232, RS-485 и USB	21500

### Продолжение таблицы 1.7

Наименование	Измеряемые газы	Количество каналов измерения	Выходной сигнал	Цена, руб.
АКГ-МП-2П	аммиак; диоксид азота; диоксид серы; диоксид углерода; кислород; метан; монооксид углерода; сероводород.	2	4...20, 0...5, 0...20 мА; RS 232, RS-485 и Ethernet	11900

Проведя анализ технических характеристик преобразователей расхода, выбираем газоанализатор типа АКГ-МП-2П, так как он подходит для измерения содержания кислорода в дымовых газах, обладает меньшей ценой и резервным измерительным каналом.

#### 1.3.4 Выбор преобразователя давления

Датчики давления используются для преобразования абсолютного давления, избыточного давления, давления-разрежения, разности двух давлений в унифицированный токовый или цифровой сигнал. По принципу преобразования давления в электрический сигнал датчики давления делятся на:

- 1) тензометрические;
- 2) пьезометрические;
- 3) емкостные;
- 4) резонансные;
- 5) индуктивные;
- 6) ионизационные;
- 7) пьезоэлектрические.

Принцип преобразования давления в электрический сигнал влияет на пределы измерения, динамические и частотные диапазоны, точность и условия эксплуатации [9].

Рассмотрим два преобразователя давления Элемер-100 ДВ и Метран-150.

Основные технические характеристики общепромышленного преобразователя Элемер-100 ДВ:

- 1) верхний предел измеряемого давления (ВПИ) – от 0,04 кПа до 100 кПа;
- 2) преобразование давления в унифицированный сигнал постоянного тока 4...20 мА;
- 3) измерение избыточного давления нейтральных к нержавеющей стали AISI 316L сред (газы, пар, вода, слабоагрессивные жидкости);
- 4) перегрузочная способность не менее – 200% ВПИ;
- 5) степень защиты корпуса и электроразъема преобразователя – IP65 [10].

Основные технические характеристики датчика избыточного давления Метран-150:

- 1) выходной сигнал – 4...20 мА или HART 0...5 мА;
- 2) максимальное давление – 1 МПа;
- 3) давление перегрузки – 10 МПа;
- 4) температура окружающей среды – от -40 до 85 °С;
- 5) температура измеряемой среды – от -40 до 120 °С [11].

Оба преобразователя давления имеют характеристики, удовлетворяющие техническим требованиям. Исходя из этого, выбираем датчик Элемер-100 ДВ, так как он имеет меньшую стоимость.

### 1.3.5 Выбор регулирующего устройства

В качестве регулирующего устройства используется микропроцессорный контроллер. Основным требованием является то, что контроллер должен иметь модульную архитектуру.

В рамках данной работы рассмотрим 2 контроллера от производителей «ЭлеСи» и «Siemens» [12,13]. Для реализации задачи необходимо 24 аналоговых входа, 6 аналоговых выходов, 23 дискретных входов и 14 дискретных выходов. Также необходимо учитывать цену контроллера. Для начала рассмотрим ПЛК фирмы «Siemens», который применяется для решения задач автоматизации среднего уровня. Исполнение контроллера блочно-модульное. Технические характеристики контроллера серии S7-1200 приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Технические характеристики контроллеров серии S7-1200

Центральные процессоры	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215	CPU 1217C
Встроенная загрузочная память, МБ	1	1	4	4	4
Встроенная рабочая память, КБ	30	50	75	100	125
Центральные процессоры	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215	CPU 1217C
Количество встроенных каналов:					
ввода дискретных сигналов	6x24 VDC	8x24 VDC	14x24 VDC	14x24 VDC	10x24 VDC+4x5 VDC
вывода дискретных сигналов	4	6	10	10	6x24 VDC+4x5 VDC
ввода аналоговых сигналов	2x0...10В или 2x0...20мА, 10 бит				-
Вывода аналоговых сигналов	-	-	-	2x0...20мА, 10 бит	

Монтаж контроллеров серии Simatic S7-1200 производится на стандартную 35 мм DIN-рейку или на монтажную плату. Все контроллеры серии S7-1200 имеют возможность подключить сигнальные и коммуникационные модули, сигнальные платы ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов. В комплекте с системой поставляется единая среда разработки STEP 7 Basic, которая упрощает все этапы разработки и

программирования любых систем автоматического управления на базе данной серии [12].

Контроллер «Элсима» производства компании «Элеси» используется в системах с количеством входных-выходных сигналов не более 100. Для увеличения количества сигналов, контроллер позволяет подключать модули удаленного ввода-вывода серии Элсима и аналогичные. В таблице 1.9 приведены технические характеристики контроллера Элсима-M01.

Таблица 1.9 – Технические характеристики контроллера Элсима-M01

<b>Процессор</b>	
Тип процессора	Cortex ARM8
Тактовая частота	300 МГц
<b>Память</b>	
Объем оперативной памяти RAM	128 Мбайт
Объем flash-памяти	128 Мбайт
Объем энергонезависимой памяти	32 Кбайт
Поддержка microSD	до 32 Гбайт
<b>Коммуникации</b>	
Кол-во портов Ethernet	2 (протоколы Modbus TCP/IP, NTP)
Кол-во портов RS-485	1 (протокол Modbus RTU)
Кол-во портов USB	2
<b>Электрические параметры (зависят от исполнения)</b>	
Напряжение питания от источника постоянного тока	20...28 В
Встроенный источник питания датчиков	+24 В
<b>Ввод/вывод</b>	
Дискретных входов	20 шт.
Количество гальванически развязанных групп	2 группы
Количество дискретных выходов тип "Открытый коллектор" (одна группа)	4 шт.
Количество гальванически разделенных групп дискретных выходов, тип "Реле"	2 группы
Количество дискретных выходов, тип "Реле", в одной группе	2 шт.
Количество универсальных аналоговых входов	4 шт.
Количество аналоговых выходов	2 шт.
Количество групп аналоговых выходов	1 группа
<b>Механические характеристики</b>	
Материал корпуса	Металлический
Размеры, ШхВхГ, мм	160x116x59
Масса, кг, не более	0,4
Монтаж	На горизонтальную DIN-рейку

Проведя анализ технических характеристик, сделаем выбор в пользу контроллера из серии S7-1200 с центральным процессором CPU 214C с пятью модулями расширения (модуль удаленного ввода-вывода дискретных сигналов SM 1223 DC, два модуля удаленного ввода аналоговых сигналов SM 1231 AI, модуль вывода аналоговых сигналов SM 1232 AQ и модуль CP 1242-8 GPRS для уведомления об аварийной ситуации с помощью SMS). Данный контроллер полностью удовлетворяет требованиям системы (имеет способность расширять количество входов/выходов путем добавления дополнительных модулей без необходимости подключения каждого дополнительного модуля через интерфейс ethernet, GPRS модуль для дистанционной связи с оператором и общую структуру программного обеспечения). Конфигурация контроллера представлена на рисунке 1.3.

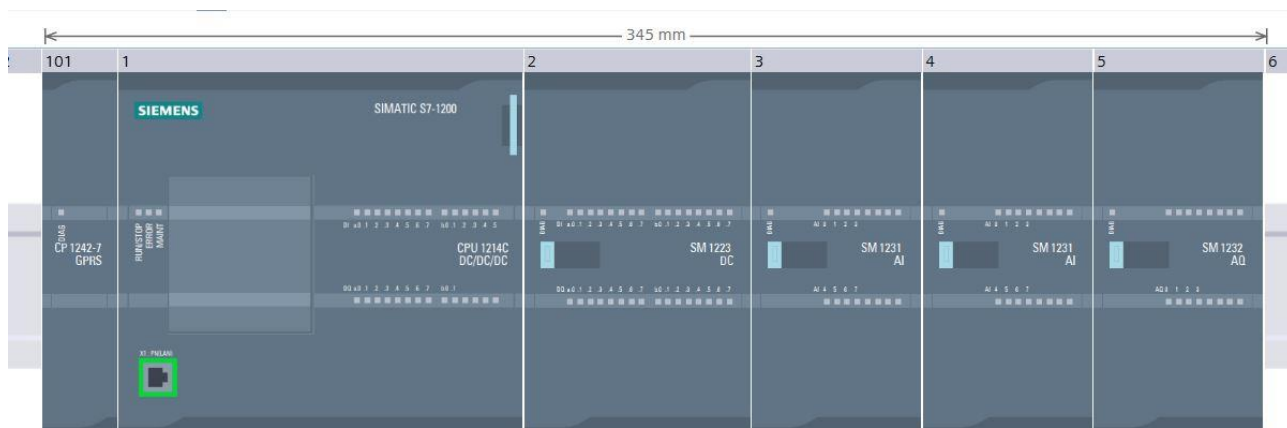


Рисунок 1.3 – Конфигурация контроллера серии S7-1200

### 1.3.6 Заказная спецификация

Спецификация представляет собой техническую документацию, в которой отражены все необходимые сведения о приборах и технических средствах автоматизации для реализации системы теплотехнического контроля и управления.

Спецификация предназначена для составления на ее основе заказа на средства измерения, а также для облегчения чтения проектной документации.



Заказная спецификация приборов и средств автоматизации  
представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.019 ЗС.

## 2 Разработка шкафа управления системы автоматического управления

### 2.1 Разработка электрической схемы соединений шкафа управления

На принципиальной электрической схеме изображаются все устройства и элементы, входящие в схему, а также взаимосвязь между ними. Устройства и элементы изображаются в виде условных графических изображений, установленных в ЕСКД. Около условных графических обозначений устройств и элементов указывают позиционные обозначения. На схеме необходимо указывать обозначения выводов (контактов) элементов, нанесенные на изделие или установленные в документации изделия. Проводам, жгутам, кабелям на схеме присваиваются порядковые номера.

В данном разделе была разработана электрическая схема соединений АСУ распылением жидкого топлива, которая приведена на листах с шифром ФЮРА.421000.019 ЭЗ.

На листах №1 и №2 представлена схема подсистемы электрического питания и микроклимата щита управления. Для защиты силовых цепей использованы автоматические выключатели QF1, QF2, QF6...9, дифференциальные автоматические выключатели QF3...5 для защиты цепей, которые используются для электрических нагревателей от перегрузки, короткого замыкания и токов утечки и автоматические выключатели для защиты двигателей QFM1, QFM2. Источник бесперебойного питания G1 и два энергоаккумулятора GB1 и GB2 предусмотрены для питания греющих кабелей и блока питания UZ1 в случае, если прекратится подача напряжения.

Поддержание микроклимата в шкафу обеспечивает вентилятор M1, терморегулятор U1 и обогреватель ЕК. Когда температура в шкафу отклоняется от заданной, терморегулятор выдает сигнал на включение вентилятора или обогревателя.

На листе №3 изображена разводка питания 24В для модулей контроллера и преобразователей частоты от блока питания UZ1.

На листах №4, №5 и №6 представлена подсистема ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов. Для защиты оборудования на дискретные выходы контроллера, сигнал от которых идет на клапаны, стоящие по месту, установлены реле K01...K05 для того чтобы гальванически развязать цепь. Сигналы на включение и отключение нагревательных элементов идут через контакторы KM1...KM3, которые представляет собой разновидность электромагнитного реле для силовых электрических цепей. Для ручного управления процессом предусмотрены кнопки SB1...SB7 и потенциометр SB8 для задания мощности горелки. Аварийная индикация и сигнализация о работе горелки выполняются с помощью лампочек EL1...EL3.

Перечень элементов принципиальной электрической схемы находится на листах с шифром ФЮРА.421000.019 ПЭ.

## 2.2 Разработка монтажной схемы системы автоматического управления

Монтажная документация предназначена для выполнения монтажных работ, а так же используется в процессе эксплуатации, наладке, ремонте и выполнения профилактических работ на объекте. В данной работе выполняется монтажная схема внешних проводок

Для разработки монтажной документации использовались следующие материалы:

- 1) функциональная схема;
- 2) принципиальная электрическая схема;
- 3) техническая документация заводов изготовителей средств автоматизации и других средств;

Схема монтажная внешних электрических проводок, представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.019 С4.

На первом листе схемы вверху поля чертежа размещена таблица с поясняющими надписями. Под таблицей с поясняющими надписями расположены изображения первичных преобразователей и других средств автоматизации, устанавливаемых непосредственно на технологическом оборудовании и технологических трубопроводах. Кроме того показано соединение с двумя кнопками аварийного останова системы SB01, SB02.

На втором листе схемы показано питание горелки и шкафа управления от ГРЩ. В ГРЩ необходимо предусмотреть автоматический выключатель и контактор для обеспечения автоматического запуска горелки с контроллера. Помимо этого, изображено соединение с топливным насосом, дутьевым вентилятором, клапанами на трубопроводах и электрическими нагревателями.

Щит автоматизации условно изображен в нижней части чертежа. В нем блоки зажимов, а также подключенные к ним жилы кабелей и провода с соответствующей маркировкой.

Элементы, входящие в шкаф управления соединены между собой электрическими проводами, а с внешними приборами связаны электрическими кабелями. Проводники, подключаемые к зажимам и клеммам технических средств, маркированы в соответствии с электрической схемой.

Для информационных линий выбираем кабели типа КВВГнг LS производства «Рускабель» сечением 0,5 мм<sup>2</sup>. Все технические средства подключаются сначала к соединительным коробкам КСК-24, КСК-8, КСК-4 с помощью кабелей КВВГнг LS для дискретных сигналов и КВВГЭнг LS для аналоговых, а далее собираются в единые кабели КВВГ и КВВГнг соответственно, которые подключаются в шкаф автоматизации.

Выбранные кабели, а также их технические характеристики представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики проводов и кабелей электропроводки САУ

№ линии	Марка	Кол-во жил	Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>
1...4, 6...10	КВВГЭнг-LS	4	0,5
5,22	КВВГнг-LS	7	0,75
12,13,14,15	КВВГнг-LS	3	1,5
16	КВВГнг-LS	10	1,5
17	КВВГнг-LS	7	1,5
18	КВВГнг-LS	18	1,5
19,20,23...25	КВВГнг-LS	5	1,5
21	КВВГнг-LS	3	1,5
26,28	КВВГнг-LS	3	0,75
27,29	КВВГЭнг-LS	4	0,5

Для защиты кабелей, которые необходимо протянуть на большие расстояния, применяются стальные электросварные тонкостенные защитные трубы, которые применяются во влажных и сухих помещениях. Для кабелей линий питания защитные трубы не выбираются, так как кабели изначально бронированные.

### 2.3 Разработка общего вида шкафа управления

Шкафы систем автоматизации предназначены для размещения на них средств контроля и управления технологическими процессами, контрольно-измерительных приборов, сигнальных устройств, аппаратуры управления, автоматического регулирования, защиты, блокировки, линий связи между ними (трубная и электрическая коммутация) и т.п.

Шкаф установится в том же блок-контейнере, где стоит парогенератор.

Учитывая конструктивные особенности, в том числе степень защиты от прикосновения к токоведущим частям, применим для монтажа средств

автоматизации разрабатываемой системы управления шкаф высотой 1800 мм, шириной 800 мм и глубиной 300 мм SE 15822.600 производства компании Rittal [14]. Габариты шкафа позволяют без труда получить доступ ко всем узлам.

Чертеж общего вида шкафа содержит вид спереди, вид на внутренние плоскости, перечень составных частей.

Все элементы шкафа расположены с учетом удобства подключения к ним проводов. В верхней части находится концевой выключатель, при срабатывании которого включается и выключается лампа для освещения шкафа. На лицевой панели находятся кнопки и переключатели для ручного управления системой, а так же сигнальные лампы.

Сверху на монтажную панель крепится источник бесперебойного питания и два энергоаккумулятора. Ниже, на рейку DIN-35, монтируются автоматические выключатели, блок питания, щитовая розетка, контакторы, модули контроллера, терморегулятор, реле и клеммные блоки. В нижней части располагаются два частотных преобразователя, обогреватель, клеммные блоки для распределения силовых сетей и шина заземления.

Общий вид щита представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.019 ВО.

### 3 Расчет параметров настройки регулятора

#### 3.1 Идентификация объекта управления

Идентификация объекта управления предназначена для получения математической модели объекта управления. В инженерной практике применяют активную идентификацию. При активной идентификации на объект подаются заранее известные возмущающие воздействия и регистрируется выходная величина.

В данной работе динамические параметры объекта, такие как: коэффициент усиления, постоянная времени, время запаздывания и передаточная функция объекта были взяты, основываясь на типовые математические модели объектов, параметры которых схожи с параметрами выбранного объекта.

Передаточная функция представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{(TP+1)} e^{-P\tau}, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент усиления;

$P$  – оператор Лапласа;

$\tau$  – время запаздывания;

$T$  – постоянная времени.

Параметры объекта:  $k = 1,2$ ,  $T = 30$  с,  $\tau = 4$  с,  $\psi = 0,9$ .

После подстановки параметров передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{1,2}{(30P+1)} e^{-4P}.$$

#### 3.2 Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 4.3 представлен вид структурной схемы системы регулирования.

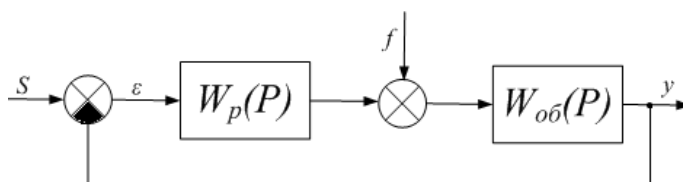


Рисунок 4.3 – Структурна схема системы регулирования

Расчет системы производится для степени устойчивости равной  $\psi = 0,9$ .

Значение степени колебательности определяется как:

$$m = -\frac{1}{2\pi} \ln(1 - \psi), \quad (2)$$

$$m = -\frac{1}{2\pi} \ln(1 - 0,9) = 0,366.$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой:

$$W(P) = \frac{1,2}{(30P + 1)} e^{-4P}$$

Рассчитываем расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до  $\omega = 0,78 \text{ с}^{-1}$ .

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$Re_{об}(m, \omega) = Re(W_{об}(m, i\omega)) \quad (3)$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$Im_{об}(m, \omega) = Im(W_{об}(m, i\omega)) \quad (4)$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ):

$$A_{об}(m, \omega) = \sqrt{Re_{об}(m, \omega)^2 + Im_{об}(m, \omega)^2} \quad (5)$$

Полученные расширенные частотные характеристики объекта представлены в таблице 4.1 в виде листинга расчета. Полученные значения представлены для диапазона частот  $0 \dots 0,78 \text{ с}^{-1}$ , с шагом по частоте в  $0,03 \text{ с}^{-1}$ .



Таблица 3.1 – Расширенные частотные характеристики объекта

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{\omega\delta}(m, \omega)$	$\text{Im}_{\omega\delta}(m, \omega)$	$A_{\omega\delta}(m, \omega)$
0,00	1,20000	0,0000	1,200
0,03	0,55546	-0,9693	1,117
0,06	-0,03765	-0,7141	0,715
0,09	-0,17654	-0,4753	0,507
0,12	-0,21293	-0,3337	0,396
0,15	-0,22237	-0,2422	0,329
0,18	-0,22274	-0,1772	0,285
0,21	-0,21930	-0,1274	0,254
0,24	-0,21383	-0,0873	0,231
0,27	-0,20698	-0,0535	0,214
0,30	-0,19898	-0,0242	0,200
0,33	-0,18994	0,0020	0,190
0,36	-0,17987	0,0246	0,182
0,39	-0,16879	0,0454	0,175
0,42	-0,15671	0,0641	0,169
0,45	-0,14365	0,0810	0,165
0,48	-0,12964	0,0960	0,161
0,51	-0,11473	0,1093	0,158
0,54	-0,09899	0,1209	0,156
0,57	-0,08250	0,1306	0,155
0,60	-0,06536	0,1386	0,153
0,63	-0,04767	0,1447	0,152
0,66	-0,02958	0,149	0,152
0,69	-0,01121	0,1513	0,152
0,72	0,00726	0,1517	0,152
0,75	0,02568	0,1500	0,152
0,78	0,04387	0,1464	0,153

Построим РАФЧХ объекта регулирования, которая представлена на рисунке 3.1.

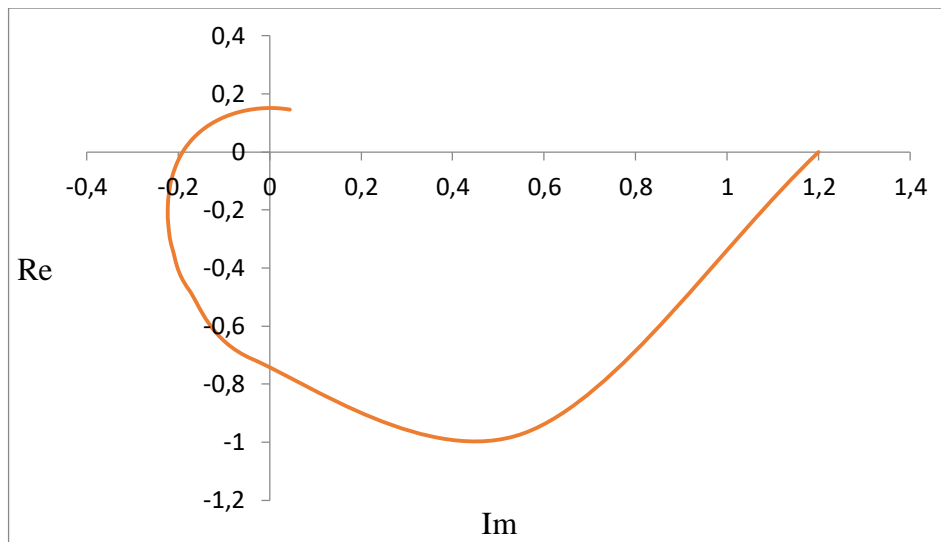


Рисунок 3.1 – РАФЧХ объекта регулирования

Параметры настройки ПИ-регулятора рассчитываются как:

$$\frac{K_p}{T_u} = -\frac{\omega(m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{o\phi}(m, \omega)}{A_{o\phi}^2(m, \omega)}, \quad (6)$$

$$K_p = -\frac{m \cdot \text{Im}_{o\phi}(m, \omega) + \text{Re}_{o\phi}(m, \omega)}{A_{o\phi}^2(m, \omega)}, \quad (7)$$

где  $T_u$  – постоянная интегрирования регулятора,

$K_p$  – коэффициент передачи регулятора.

Полученные значения представлены в таблице 3.2 в виде листинга расчета.

Таблица 3.2 – Значение параметров ПИ – регулятора

$\omega, \text{с}^{-1}$	$K_p$	$K_p/T_u$
0,00	-0,833	0,00000
0,03	-0,075	0,02860
0,06	0,740	0,10285
0,09	1,569	0,20426
0,12	2,375	0,31372
0,15	3,126	0,41252
0,18	3,793	0,48327
0,21	4,354	0,51063
0,24	4,789	0,48199
0,27	5,087	0,38785
0,30	5,101	0,22216
0,33	5,244	-0,01757

Продолжение таблицы 3.2

$\omega, \text{с}^{-1}$	$K_p$	$K_p/T_i$
0,39	4,816	-0,71129
0,42	4,399	-1,15301
0,45	3,863	-1,64484
0,48	3,221	-2,17382
0,51	2,492	-2,72508
0,54	1,694	-3,28241
0,57	0,845	-3,82877
0,60	-0,033	-4,34690
0,63	-0,92	-4,81989
0,66	-1,798	-5,23164
0,69	-2,648	-5,56740
0,72	-3,453	-5,81421
0,75	-4,197	-5,96121
0,78	-4,866	-6,00000

Для визуализации полученных данных строится зависимость, представленная на рисунке 3.2. Полученная кривая является линией для степени затухания равной 0,9. Все значения параметров настройки, которые лежат на этой кривой обеспечивают заданную степень затухания.

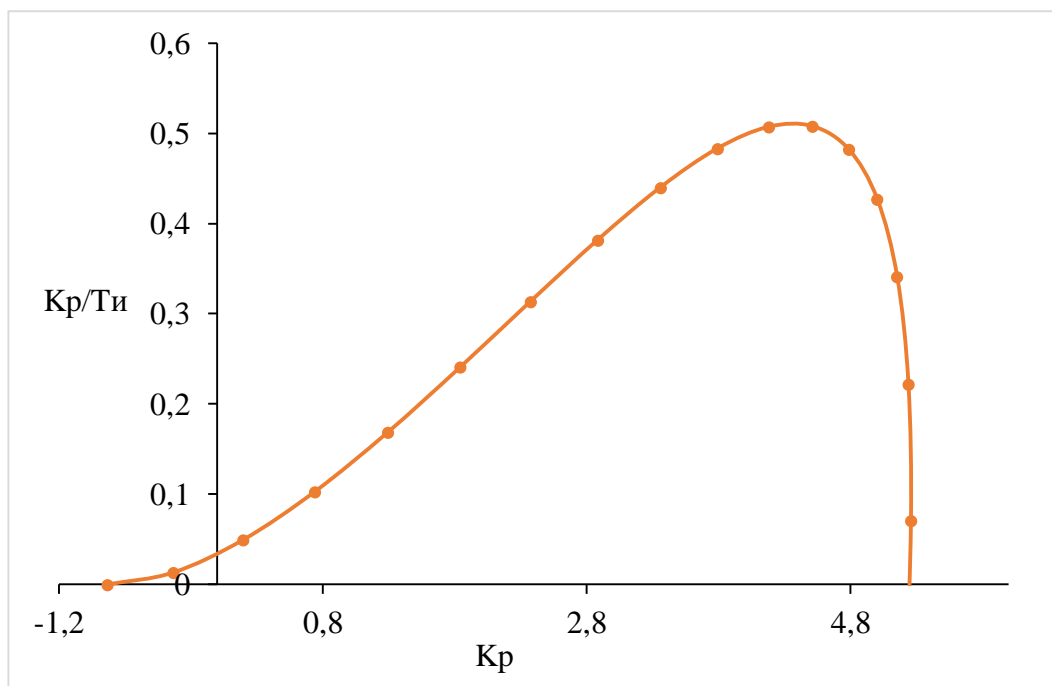


Рисунок 3.2 – Параметры настройки ПИ-регулятора

В качестве критерия качества используется первая интегральная оценка. Минимальное значение этой оценки соответствует точке с максимальным значением соотношения  $K_p/T_u$  на линии заданного запаса устойчивости.

Из таблицы 3.2 определяем:

$$\max \left( \frac{K_p}{T_u} \right) = 0,512, \quad K_p = 4,354, \quad \text{резонансная частота } \omega = 0,21 \text{ с}^{-1}.$$

Значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{K_p / T_u}, \quad (8)$$

$$T_u = \frac{4,354}{0,512} = 8,5 \text{ с}.$$

Передаточная функция регулятора:

$$W_p(P) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_u P} \right) = 4,354 \cdot \left( 1 + \frac{1}{8,5P} \right).$$

Оценка качества переходного процесса при возмущении производится по каналу регулирующего воздействия.

Передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)}, \quad (9)$$

где  $W_p(P)$  – передаточная функция регулятора;

$W_{об}(P)$  – передаточная функция объекта.

Для расчета переходного процесса, определяется вещественная частотная характеристика системы. На рисунке 3.3 представлен график вещественной частотной характеристики.

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^\infty \frac{Re(\omega)}{\omega} \sin(\omega \cdot t) d\omega, \quad (10)$$

где  $Re(\omega)$  – вещественная частотная характеристика системы;

$\omega$  – частота;

$t$  – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности расчета в качестве верхнего предела интеграла применяется значение, при котором значение вещественной частотной характеристики системы стремится к 0.

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,7} \frac{Re(\omega)}{\omega} \sin(\omega \cdot t) d\omega.$$

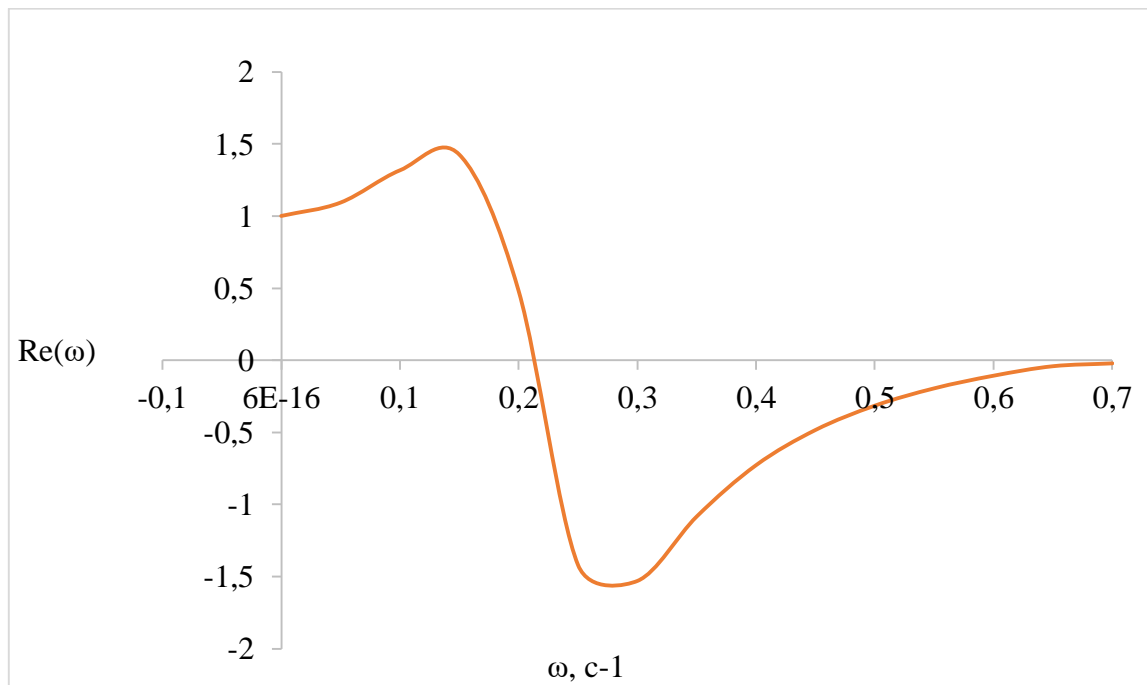


Рисунок 3.3 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

На рисунке 3.4 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса была произведена оценка качества регулирования.

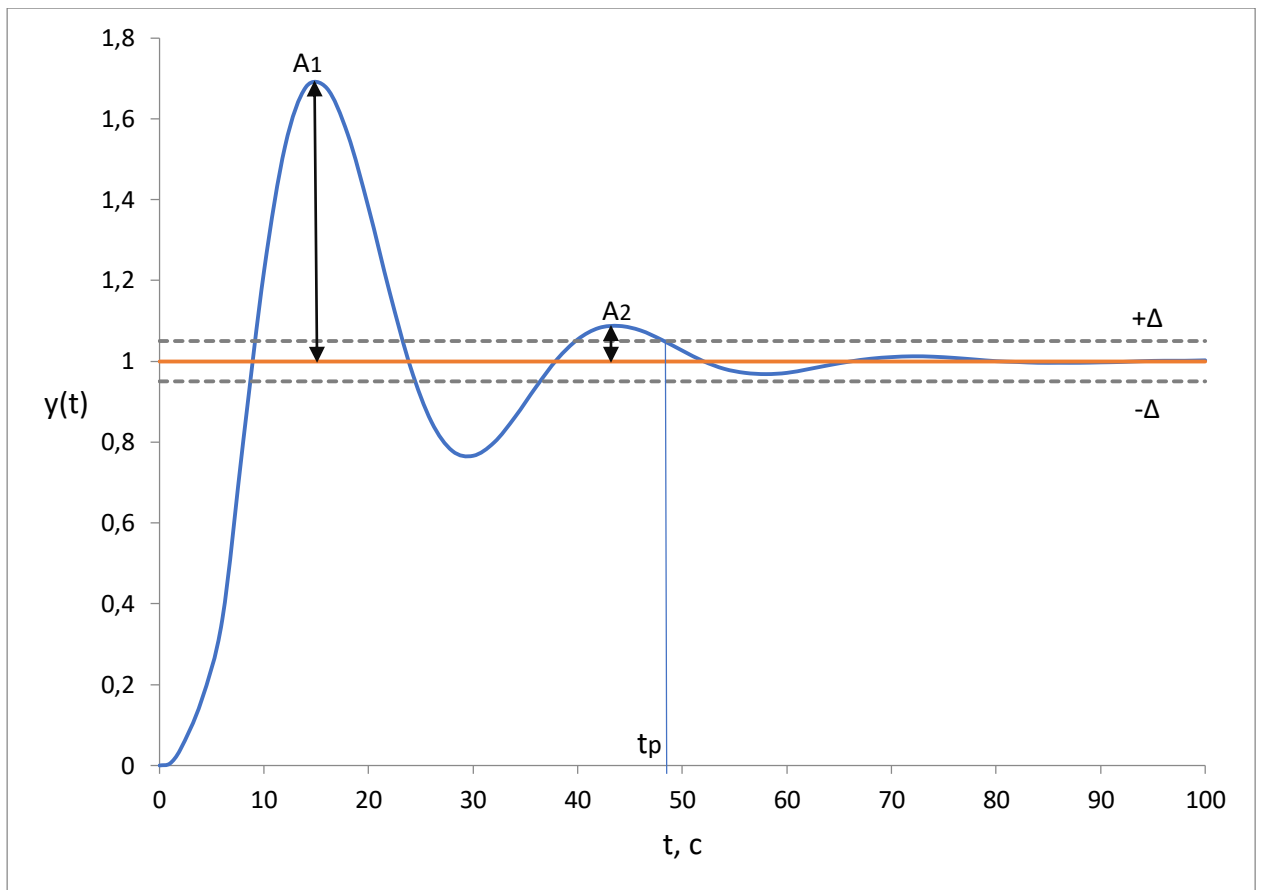


Рисунок 3.4 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

По графику определяются прямые оценки качества регулирования:

- 1) динамическая ошибка  $A_1 = 0,69$  ;
- 2) перерегулирование  $\sigma = \frac{A_1 \cdot 100\%}{y(\infty)} = \frac{0,69 \cdot 100\%}{1} = 69\%$  ;
- 3) статическая ошибка  $\varepsilon_{ст} = S - y(\infty) = 1 - 1 = 0$  ,  
где  $S$  – величина сигнала задания;
- 4) степень затухания  $\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = \frac{0,69 - 0,07}{0,69} = 0,9$  ,  
где  $A_2$  – вторая амплитуда колебаний.
- 5) время регулирования  $t_p = 48\text{ с}$  .

Изначально к системе предъявлялось требование по скорости ее реакции на изменение параметров. По итогам расчета видно, что система

обладает небольшим временем регулирования, что удовлетворяет требованию. Однако данный расчет носит лишь теоретический характер и для вычисления параметров регулятора, которые были бы применимы, необходима кривая разгона, полученная в результате испытаний объекта.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б7В	Филатовой Анастасии Станиславовне

Школа	ИШЭ	НОЦ	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема ВКР:

АСУ распылением жидкого топлива на примере мазута	
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 200 000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 98540 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент – 1,3; Накладные расходы – 16%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды : для руководителя и исполнителя – 30,2%.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование научно-исследовательских работ; Определение трудоемкости работ; Построение диаграммы Ганта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Сравнительная оценка характеристик проекта; Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности .

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Клемашева Елена Игоревна	канд.экон.наук		08.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Филатова Анастасия Станиславовна		



## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Оценка коммерческого потенциала

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целью данного пункта является анализ ресурсоэффективности и конкурентоспособности автоматической системы управления парогенератором на мазутном топливе, который может эксплуатироваться в тяжелых климатических условиях.

В рамках анализа необходимо выполнить следующие задачи:

- анализ конкурентоспособности технических решений;
- SWOT-анализ;
- планирование работ;
- расчет бюджета затрат.

Работа установок на мазутном топливе сопровождается рядом проблем, например с увеличением вязкости топлива при понижении температуры окружающей среды. В связи с этим требуется дополнительная энергия и затраты для обеспечения подготовки топлива к распылению в камеру сгорания. Для того чтобы парогенератор мог работать без постоянного контроля оператора, была разработана система, которая обеспечивает его автономную работу исключая проблему с подготовкой топлива. Таким образом, сферой использования данной системы являются предприятия, которым необходим парогенератор, работающий на мазутном топливе и не требующий постоянного контроля над процессом.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений позволяет изучить рынок, выявить преимущества и недостатки конкурентов для успешного внедрения разработки.

Для наглядности сравнения конкурентных способов подогрева топлива используем оценочную карту, представленную в таблице 1.

Конкуренты:

СГК – саморегулирующийся греющий кабель;

РГК – резистивный греющий кабель;

ЗГК – зональный греющий кабель.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных топлив

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		СГК	РГК	ЗГК	К <sub>СГК</sub>	К <sub>РГК</sub>	К <sub>ЗГК</sub>
1. Долговечность	0,4	4	2	2	1,6	0,8	0,8
2. Экономичность (минимальное потребление электроэнергии)	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
3. Мощность	0,3	3	3	5	0,9	0,9	1,5
4. Цена	0,2	3	4	1	0,6	0,8	0,2
Итого	1	14	12	11	3,5	2,8	2,8

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (11)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Пример расчета оценки конкурентоспособности саморегулирующегося кабеля:

$$K_{\text{СГК}} = \sum (B \cdot B_{\text{МЭ}}) = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 = 3,5,$$

где  $K_{\text{МЭ}}$  – конкурентоспособность саморегулирующегося кабеля;

$B$  – вес критерия (в долях единицы, в сумме равняется 1)

$B_{\text{МЭ}}$  – баллы саморегулирующегося кабеля (от 1 до 5, где 1 – наиболее слабая позиция, 5 – наиболее сильная).

На основании проанализированных данных из таблицы 1 можно сделать вывод, что саморегулирующийся кабель является более конкурентоспособным по наиболее важным техническим критериям оценки. Данный кабель является наиболее экономным, а также имеет большую долговечность, чем конкуренты. Экономичность заключается том, что необходимое тепло выделяется только на определенном участке, где это нужно. При снижении температуры сопротивление кабеля увеличивается, и выделяется больше теплоты. И наоборот, если температура повышается, то сопротивление кабеля и количество тепла уменьшается. С помощью такого эффекта кабель не будет перегреваться. Электроэнергия при эксплуатации саморегулирующего кабеля расходуется оптимальным образом.

Дальнейший анализ и расчет будет выполнен только для саморегулирующегося греющего кабеля.

#### 4.1.3 SWOT – анализ

SWOT - анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная задача которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. На основании анализа делаются выводы: правильно ли развивается проект, какие риски нужно предусмотреть, что следует делать, каковы перспективы проекта [15]. Матрица SWOT представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны:</b> 1) экономичность; 2) долговечность.	<b>Слабые стороны:</b> 1) цена; 2) мощность.
<b>Возможности:</b> 1) увеличение мощности кабеля; 2) снижение цены.	<b>Результаты анализа полей «Сильные стороны и возможности»:</b> 1) увеличение мощности кабеля позволит нагревать трубопровод быстрее и добиваться более высоких температур; 2) возможным решением для удешевления может быть замена проводника на другой или использование более дешевых материалов для изоляции провода.	<b>Результаты анализа полей «Слабые стороны и возможности».</b> Подбор оптимальной мощности для нагрева является сложной задачей, так как избыточная мощность кабеля может привести к перегреву и преждевременному выводу из строя системы обогрева, а при меньшей мощности, чем необходимо, система не будет справляться с обогревом трубы, что приведет к промерзанию. Необходимо воспользоваться типовой таблицей для выбора подходящей мощности.
<b>Угрозы.</b> Рост цен на кабель.	<b>Результаты анализа полей «Сильные стороны и угрозы»</b> Рост цен на производство саморегулирующегося кабеля пропорционален изменению стоимости и других видов кабелей. Следовательно, разница в цене будет неизменна.	<b>Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы».</b> Есть вероятность увеличения стоимости металла, из которого изготавливаются жилы греющего кабеля. Необходимо внимательно провести расчет и выбрать оптимальную длину и мощность кабеля для максимальной эффективности при меньших затратах.

В результате SWOT-анализа были рассмотрены сильные и слабые стороны научно-технического проекта. На их основе были выявлены возможности улучшения проекта, такие как увеличение мощности кабеля. Увеличить мощность поможет использования не одного кабеля, а двух или более в зависимости от длины трубопровода, такое решение положительно

скажется и на сроке службы. Помимо этого, анализ помог выявить пункты, на которые следует обратить внимание, а именно на правильный подбор греющего кабеля. Если сделать неправильный выбор, то возникнут лишние затраты на обеспечение его работы или мощности кабеля не хватит для поддержания заданной температуры, что приведет к значительному ущербу. Зная слабые стороны системы и предполагаемые риски, можно вовремя внести коррективы в систему и предотвратить износ оборудования или его поломку.

#### 4.2 Планирование работ и оценка времени выполнения

При организации процесса реализации проекта необходимо планировать занятость каждого из участников и сроки проведения работ. Для оценки времени выполнения проекта необходимо составить перечень всех выполняемых работ и время, затраченное на их выполнение. Для этого был создан перечень работ (таблица 4.3) и отдельных этапов в рамках разработки проекта, а также приведены исполнители по каждому виду работ и их загруженность. Р

Таблица 4.3 – Перечень работ и загруженность исполнителей

Наименование работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	100 %
Анализ литературы	Инженер	100 %
	Научный руководитель	30 %

Продолжение таблицы 4.3

Наименование работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Разработка схемотехнической документации, подбор оборудования	Инженер	100 %
	Научный руководитель	10 %
Оформление пояснительной записки ВКР	Инженер	100 %
Подведение итогов	Инженер	100 %
	Научный руководитель	80 %

Ожидаемая продолжительность работ оценивается с помощью опытно-статистического метода. Для расчета ожидаемой продолжительности работ воспользуемся экспертным способом, для этого воспользуемся следующей формулой:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3t_{\text{min}} + 2t_{\text{max}}}{5}, \quad (12)$$

где  $t_{\text{min}}$  – минимальное значение продолжительности работ, дн.;

$t_{\text{max}}$  – максимальное значение продолжительности работ, дн.;

Для построения линейного графика проведения работ необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет длительности в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{\text{рд}} = \frac{t_{\text{ож}}}{K_{\text{вн}}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (13)$$

где  $t_{\text{ож}}$  – вероятное (ожидаемое) значение продолжительности работ, дн.;

$K_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающих влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, принимаем равным 1;

$K_d$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных издержек и согласование работ, принимаем равным 1;

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{kd} = T_{рд} \cdot T_k, \quad (14)$$

где  $T_k$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_k = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (15)$$

где  $T_{кал}$  – календарные дни (365);

$T_{вд}$  – выходные дни (66);

$T_{пд}$  – праздничные дни (10).

Коэффициент календарности для научного руководителя:

$$T_{k1} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22.$$

Коэффициент календарности для инженера:

$$T_{k2} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$








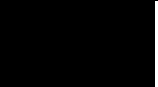


По данным таблицы 4.3 составлена продолжительность этапов работ и их трудоемкость по исполнителям, занятым на каждом этапе (таблица 4.4). Также построен линейный график осуществления проекта (таблица 4.5).



Таблица 4.4 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям, чел.- дн.			
					$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	1	2	1,4	1,4	–	1,69	–
Анализ литературы	НР, И	3	6	5,4	1,62	5,4	1,95	6,51
Разработка схемотехнической документации, выбор оборудования	НР, И	14	21	16,8	1,68	16,8	2,02	20,24
Проектирование мнемосхемы проекта	НР, И	8	12	9,6	0,96	9,6	1,16	11,57
Оформление пояснительной записки ВКР	НР, И	8	12	9,6	–	9,6	–	11,57
Подведение итогов	И	5	7	5,8	4,64	5,8	5,59	6,99
<b>Итого:</b>				<b>48,6</b>	<b>8,62</b>	<b>47,2</b>	<b>12,41</b>	<b>56,88</b>



Таблица 4.5 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Март						Апрель						Май						Июнь		
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
1	1,69	–																					
2	1,95	6,51																					
5	2,02	20,24																					
6	1,16	11,57																					
7	–	11,57																					
8	5,59	6,99																					

НР – ;      И – 

### 4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по теме [15]. Затраты на оборудование приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчет бюджета

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Персональный компьютер	1	40 000	40 000
Итого			40 000

Траты на используемое программное обеспечение не учитываются, так как доступ к использованию в учебных целях предоставляется бесплатно.

Затраты на амортизации используемого ПК, руб./год рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.пк}} \cdot C_{\text{пк}}}{T_{\text{кал.}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (16)$$

где  $T_{\text{исп.пк}}$  – время использования ПК;  $C_{\text{пк}}$  – цена ПК;  $T_{\text{кал.}}$  – календарное время;  $T_{\text{сл}}$  – срок службы ПК.

$$K_{\text{ам}} = \frac{110 \cdot 40000}{365 \cdot 3} = 4018 \text{ руб./год.}$$

#### 4.3.2 Расчет затрат на заработную плату

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя

из трудоёмкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок [15].

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату [15]:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (17)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;  $З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20% от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, исполнителя) от предприятия рассчитывается по следующей формуле [2]:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (18)$$

где  $З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [15]:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (19)$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 28 раб. дня  $M=11,1$  месяца, 5-дневная рабочая неделя; в 48 раб.дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная рабочая неделя;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно технического персонала, раб. дн. (таблица 7).

Таблица 4.8 – Балан рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные, праздничные дни)	66	118
Потери рабочего времени (отпуск, невыходы по болезни)	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	219

Месячный должностной оклад работника [15]:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (20)$$

где  $З_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $З_{\text{тс}}$ );  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,15-0,2 (т.е. 15-20% от  $З_{\text{тс}}$ );  $k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Месячный должностной оклад руководителя и и:

$$З_{\text{м}}^{\text{рук}} = З_{\text{тс}}^{\text{рук}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 30000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 58500 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{м}}^{\text{инж}} = З_{\text{тс}}^{\text{инж}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 16000 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 = 30160 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя и исполнителя:

$$З_{\text{дн}}^{\text{рук}} = \frac{З_{\text{м}}^{\text{рук}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{58500 \cdot 10,1}{243} = 2431,5 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{дн}}^{\text{инж}} = \frac{З_{\text{м}}^{\text{инж}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{30160 \cdot 11,07}{219} = 1524,5 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя и исполнителя:

$$З_{\text{осн}}^{\text{рук}} = З_{\text{дн}}^{\text{рук}} \cdot T_{\text{р}} = 2431,5 \cdot 8 = 19452 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{осн}}^{\text{инж}} = З_{\text{дн}}^{\text{инж}} \cdot T_{\text{р}} = 1524,5 \cdot 47 = 71651,5 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$ , руб.	$З_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$З_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	30000	0,3	0,2	1,3	58500	2431,5	8	19452
Исполнитель	16000	0,3	0,15	1,3	30160	1524,5	47	71651,5
Итого $З_{\text{осн}}$								91103,5

#### 4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и

общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодно оплачиваемого отпуска и т.д.) [15].

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [15]:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (21)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12-0,15).

$$З_{\text{доп}}^{\text{рук}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}^{\text{рук}} = 0,12 \cdot 19452 = 2334,2 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{доп}}^{\text{инж}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}^{\text{инж}} = 0,12 \cdot 71651,5 = 8598,2 \text{ руб.}$$

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФОМС) от затрат на оплату труда работников [15].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [15]:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (22)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2021 году коэффициент отчислений составил 30%, для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность – 27,1%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды руководителя и исполнителя:

$$З_{\text{внеб}}^{\text{рук}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}}^{\text{рук}} + З_{\text{доп}}^{\text{рук}}) = 0,3 \cdot (19452 + 2334,2) = 6535,9 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{внеб}}^{\text{инж}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}}^{\text{инж}} + З_{\text{доп}}^{\text{инж}}) = 0,3 \cdot (71651,5 + 8598,2) = 24074,9 \text{ руб.}$$

#### 4.3.5 Услуги сторонних организаций

Оплата услуги, сторонних организаций включает расходы, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями [15].

В данном случае к ним относятся печатные услуги, включающие в себя печать листов различного формата, в том числе чертежей, и брошюровка.

$$З_{\text{контр}} = 800 \text{ руб.}$$

#### 4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [15]:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (23)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16% [15].

Величина накладных расходов:

$$\begin{aligned} З_{\text{накл}} &= (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}} + З_{\text{контр}} + A) \cdot k_{\text{нр}} = \\ &= 91103,5 + 10932,4 + 30610,8 + 800 + 2411) \cdot 0,16 = 21737,2 \text{ руб.} \end{aligned}$$

#### 4.3.7 Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку продукции [15].

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат проекта

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
1. Амортизационные отчисления	2411	Пункт 4.3.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	91103,5	Пункт 4.3.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10932,4	Пункт 4.3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	30610,8	Пункт 4.3.4
5. Услуги сторонних организаций	800	Пункт 4.3.5
6. Накладные расходы	21737,2	Пункт 4.3.6
7. Бюджет затрат		157594,9 руб.

#### 4.4 Определение эффективности проекта

##### 4.4.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта можно определить следующим образом [15]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (24)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;  $a_i$  – весовой коэффициент;  $b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Для проведения сравнительной оценки рассмотрим три варианта реализации подогрева топливного трубопровода, в каждой из которых используется подогрев разным кабелем:

- Саморегулирующийся греющий кабель – исп. 1;
- Резистивный греющий кабель - исп. 2;
- Зональный греющий кабель – исп. 3.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проведен с помощью таблицы 4.11.

Таблица 4.11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2	Исп.3
----------	---------------------	--------	--------	-------

	параметра			
1. Долговечность	0,4	5	2	2
2. Экономичность (минимальное потребление электроэнергии)	0,1	4	3	3
3. Мощность	0,3	5	3	5
4. Цена	0,2	3	4	1
ИТОГО	1	4,5	2,8	2,8

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p1} = 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 = 4,5,$$

$$I_{p2} = 0,4 \cdot 2 + 0,1 \cdot 3 + 0,3 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 = 2,8,$$

$$I_{p3} = 0,4 \cdot 2 + 0,1 \cdot 3 + 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 1 = 2,8.$$

Показатель ресурсоэффективности для 1 варианта исполнения проекта равен 4,5 из 5, что говорит об его эффективности.

#### Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела была проведена оценка коммерческой ценности проекта, после исполнения которого, можно обратить внимание на слабые и сильные стороны проекта и работать над его улучшением.

В первой части проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Определены потенциальные потребители данного проекта, проведен анализ конкурентных технических решений.

Во второй части определена структура работ в рамках научного исследования и трудоемкость их выполнения, разработана диаграмма Ганта.

В третьей части определен и сформирован бюджет научно-технического исследования, выполнен расчет материальных затрат, затрат на оборудование, основной заработной платы исполнителей, дополнительной



заработной платы исполнителей, отчислений во внебюджетные фонды и накладные расходы.

В четвертой части определен интегральный показатель ресурсоэффективности, по которому можно судить об экономии ресурсов для достижения поставленной цели.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б7В	Филатовой Анастасии Станиславовне

<b>Школа</b>	Инженерная школа энергетики	<b>Отделение (НОЦ)</b>	И.Н. Бутакова
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

АСУ распылением жидкого топлива на примере мазута	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: парогенератор, питающийся жидким топливом.</p> <p>Область применения: выработка пара на промышленных предприятиях.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Отражены правовые нормы: – ГОСТ 12.0.004-2015; – ТК РФ N 197-ФЗ; – ГОСТ 22269-76.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Выявлены вредные факторы: – повышенный уровень шума; Выявлены опасные факторы: – поражение электрическим током; – воздействие топлива на организм человека; – тепловое воздействие.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Потенциальным негативным воздействием на окружающую среду является воздействие на атмосферный воздух (выбросы CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> при работе оборудования).
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: – взрывы резервуаров; – возгорание топлива; – разрыв трубопровода. Наиболее типичные ЧС: – разрыв трубопровода.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Филатова Анастасия Станиславовна		

## 5 Социальная ответственность

В данной работе была спроектирована система подачи жидкого топлива в парогенератор УРАН 3000. Разработка автоматической системы управления велась с расчетом на установку парогенератора в местности, удаленной от города. Данная система предполагает размещение внутри производственных помещений или блок-контейнеров, и работу в автоматическом режиме. Пользователями данной системы могут выступать государственные и частные нефтедобывающие, строительные, лесоперерабатывающие и прочие компании.

### 5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основой правового законодательства является Конституция, т. е, законы и правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить ей. Существуют принятые нормы в области охраны труда:

- 1) на первом месте жизнь и здоровье работника, а потом уже результат производственной деятельности предприятия;
- 2) единые нормативные требования по охране труда;
- 3) защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве.

#### 5.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Основным объектом в производственном помещении является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении рабочего процесса. Выполняя планировку рабочего места, необходимо учитывать следующее:

- 1) проход слева, справа и спереди от стола должен составлять 500 мм;
- 2) расположение экрана монитора должно быть от глаз пользователя на расстоянии 600...700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;

3) окраска дизайна электрооборудования должна быть выполнена в спокойных мягких тонах;

4) корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны обладать матовой поверхностью и не иметь блестящих деталей, которые могут создавать блики;

5) конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы;

6) все электрооборудование необходимо размещать на оптимальном расстоянии от мест, в которых возможен прямой контакт оборудования с водой (раковины, открытые емкости с водой).

## 5.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность это система, которая предотвращает или уменьшает вероятность воздействия на технический персонал опасных травмирующих производственных факторов, возникающих в рабочей зоне во время трудовой деятельности.

По результатам анализа объекта выделены 4 наиболее типичных вредных и опасных фактора. Возможные опасные и вредные факторы представлены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Повышенный уровень шума		+	+	Гост 12.1.003-2014 ССБТ [16]. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ Р 30331.4-95 [17]. Защита от тепловых воздействий. ГОСТ 10585-2013 [18]. Топливо нефтяное. Мазут.
2. Тепловое воздействие		+	+	
3. Воздействие топлива на организм человека			+	
4. Поражение электрическим током	+	+	+	Гост 12.1.038-82 ССБТ [19]. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов.

### 5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

По результатам таблицы 5.1 проведен более подробный анализ выделенных четырех возможных вредных и опасных фактора.

**Повышенный уровень шума.** Человеческий организм по-разному реагирует на шум разного уровня. Шумы уровня 70-90 дБ при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а более 100 дБ - к снижению слуха, вплоть до глухоты. Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Одним из методов уменьшения воздействия шума является снижение или ослабление шума в его источниках – генераторы, электрические машины, вентиляторы, двигатели.

Ненормальный повышенный шум, создаваемый электрическими машинами и двигателями, часто бывает по причине неплотных соединений элементов. Своевременное устранение этих причин позволяет снизить уровень шума. В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противошумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощения шума. Также при наличии шума необходимо использовать материалы, имеющие хорошие звукопоглощающие свойства (применять звукоизоляцию). В таблице 5.2 приведены допустимые уровни шума (СанПиН 1.2.3685-21[20]).

Таблица 5.2 – Допустимые уровни шума

Вид труда	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Эквивалентные уровни шума, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Все виды работы в цехах и на территории предприятия	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	85
	99	92	86	83	80	78	76	74	

**Тепловое воздействие.** Во время работы парогенератора некоторые части оборудования сильно нагреваются. Неосторожное обращение с нагретым оборудованием может привести к ожогам. Согласно ГОСТ Р 30331.4-95:

- запрещается прикасаться к нагретым частям оборудования во время его работы (или после завершения работы при остывании печи);
- требуется соблюдать осторожность при работе с исследуемыми нагретыми образцами;
- запрещается выполнять работы по обслуживанию и чистке оборудования только при включенном в сеть питания оборудовании и нагретых частях;
- рекомендуется использовать верхонки для защиты рук от ожогов.

**Воздействие топлива на организм человека.** Обслуживание парогенератора подразумевает работу с легковоспламеняющимися веществами, в частности мазутом.

Мазут как типичный нефтепродукт при длительном и частом воздействии на кожный покров может привести к кожным заболеваниям. Пары нефтепродуктов оказывают на человека раздражающее и наркотическое действие. При больших концентрациях паров возможны потери сознания, а также нарушения сердечной деятельности. Предельно допустимая концентрация паров углеводородов топлива в воздухе рабочей зоны 300 мг/м<sup>3</sup> в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88.

**Поражение электрическим током.** В помещении с большим количеством аппаратуры, использующей однофазный электрический ток, промышленной частоты напряжением 220 В, есть вероятность электропоражения.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

5.2.2 Мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов



Для предотвращения ожогов при работе необходима специализированная одежда, и выполнение техники безопасности для котельной.

Для предотвращения возможности поражения электрическим током соблюдаются требования:

- при производстве монтажных работ используются только исправные инструменты, аттестованные службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели запрещены;
- все работы по устранению неисправностей производятся квалифицированным персоналом;
- постоянное наблюдение за исправностью электропроводки.

Для уменьшения загазованности и влажности в помещении устанавливается вытяжная система. Помещение оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией с нижним и верхним отсосом, обеспечивающей равномерный приток свежего воздуха и удаление загрязненного. Приточно-вытяжная вентиляция во время работы парогенератора работает постоянно.

### 5.3 Экологическая безопасность

Загрязнение (окружающей среды, природной среды, биосферы) – это привнесение в окружающую среду (природную среду, биосферу) или возникновение в ней новых, обычно не характерных физических, химических или биологических агентов (загрязнителей), или превышение их естественного среднесноголетнего уровня в различных средах, приводящее к негативным воздействиям.

### 5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В процессе сжигания топлива выделяются продукты сгорания, содержащие значительное количество вредных веществ. Основными вредными веществами, образующимися в результате сжигания жидкого топлива, являются выбросы оксидов серы и азота, углекислого газа.

### 5.3.1 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для снижения количества выбросов необходимо контролировать расход воздуха в топке. При нехватке окислителя, возникает большой недожог, что приводит к увеличению количества золовидных отходов процесса сжигания топливной композиции. А при избытке воздуха образуются оксиды азота.

Контроль температуры топке является одним из важных аспектов в системе сжигания топлива, так как наибольшее влияние на образование оксида азота оказывает температура.

## 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие смерти, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

### 5.4.1 Анализ вероятных ЧС

На производстве наибольшую опасность представляет возникновение пожара, который относится к классу техногенных ЧС. Поскольку топливо необходимо хранить, для дальнейшего сжигания, то существует вероятность его воспламенения. При эксплуатации необходимо контролировать

состояние емкостей с горючим путем внешнего осмотра и измерения температуры в них. Признаками самовозгорания являются повышение температуры, появление характерного запаха.

Особое внимание стоит уделить пожаробезопасности и электробезопасности. При функционировании горелки парогенератора существуют риски возникновения опасных ситуаций, как и при работе любого высокомоощного электрического прибора. Так как установка работает при высоких температурах, одним из таких рисков является перегрев оборудования выше температуры, рассчитанной для его стабильной работы, что может привести к воспламенению. Для предотвращения появления такой ситуации необходимо тщательно следить за изменением температуры и следить за правильностью подключения к электрической сети. Также, причиной возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с возгоранием помещения, может послужить короткое замыкание. Для предотвращения возгорания помещение должно быть оборудовано средствами пожаротушения и средствами связи.

#### 5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Во избежание вышеперечисленных ситуаций необходимо осуществлять:

- 1) качественный монтаж технических средств автоматизации;
- 2) подбор кабелей нужного сечения;
- 3) произвести заземление оборудования;
- 4) при изнашивании какого-либо электрического элемента системы произвести его замену.

При возникновении пожара:

- 1) следует сообщить о пожаре в пожарную охрану по телефонам «01», «112»;

2) если нет опасности поражения электрическим током можно приступать к тушению пожара, при опасности поражения электрическим током следует отключить питание;

3) горючие жидкости тушить водой запрещается (тушить песком, землей, огнетушителем);

4) если ликвидировать пожар своими силами не удастся следует покинуть помещение через ближайший эвакуационный выход;

5) при высокой температуре, сильной задымлённости необходимо передвигаться ползком, так как температура у пола значительно ниже и больше кислорода.

#### Заключение по разделу

Как итог проделанной работы по разделу «Социальная ответственность» можно выделить основные мероприятия по защите персонала от действия опасных и вредных факторов, которые необходимо провести при обслуживании парогенератора:

- обеспечить обслуживающий парогенератор персонал защитной одеждой;

- при производстве монтажных работ использовать только исправные инструменты, аттестованные службой КИПиА;

- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов заземлить;

- все работы по устранению неисправностей производить квалифицированным персоналом, имеющим допуск к работе;

- ослабить шум в самих источниках: в электрических машинах, механизмах и других устройствах;

- проверить точность сборки деталей при ремонте и качество смазочных материалов;
- установить вытяжную систему, обеспечивающую равномерный приток свежего воздуха и удаление загрязненного.

## Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматическая система управления распылением жидкого топлива.

В ходе выполнения дипломного проекта была разработана проектная документация: схема структурная, схема функциональная, схема принципиальная электрическая, схема монтажная и общий вид щита.

Спроектированная система удовлетворяет предъявленным к ней требованиям и обеспечивает:

- работу системы распыления топлива полностью в автоматическом режиме без постоянного присутствия персонала;
- интеллектуальное управление подогревом топлива;
- возможность удаленной диспетчеризации об аварийном состоянии парогенератора;
- регулирование мощности горелки по требованию без ее останова;
- частотное управление топливным насосом и дутьевым вентилятором, что продлевает срок их службы и экономит электроэнергию;
- управление системой подачи топлива и горелкой с одного щита;
- безопасную работу горелки, которая обеспечивается за счет применения фотодатчика; при внезапном погасании факела происходит автоматическая остановка горелки и ее однократный автоматический повторный пуск, если запуск оказался неудачным система останавливает горелку и загорается индикатор «авария», расположенный на лицевой панели шкафа управления.

В пояснительной записке к выпускной квалификационной работе содержится описание выбора некоторого оборудования и этапов разработки конструкторской документации. Кроме того, произведен расчет параметров настройки регулятора и определены прямые оценки качества, выполнены разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

## Список использованных источников

1. Андык, В. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на тэс : учебник для вузов / В. С. Андык. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 407 с.
2. Волощенко А. В., Горбунов Д. Б. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие //Томск: Изд-во ТПУ. – 2008. – 108 с.
3. Метран. Каталог продукции 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mtn.nt-rt.ru> свободный. – Загл. с экрана.
4. Овен. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.owen.ru/catalog> свободный. – Загл. с экрана.
5. Каталог продукции ОАО «Endress+Hauser». – М.: Изд-во «Endress+Hauser», 2020. – 215 с.
6. Расходомер ультразвуковой РУС-1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nponauka.com/produktsiya/raskhodomery/ultrazvukovoj-raskhodommer-rus-1.html> свободный. – Загл. с экрана.
7. Агава. Контрольно-измерительные приборы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.kb-agava.ru/kontrolno\\_izmeritelnye\\_pribory/](http://www.kb-agava.ru/kontrolno_izmeritelnye_pribory/) свободный. – Загл. с экрана.
8. Умные КИП от АО «Эксис». Каталог. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eksis.ru/catalog/> свободный. – Загл. с экрана.
9. Датчик давления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Датчик\\_давления](https://ru.wikipedia.org/wiki/Датчик_давления) свободный. – Загл. с экрана.
10. ООО «Элемер». Каталог продукции 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elemer.ru/files/catalog/glavi/elemer100.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
11. Промышленная группа «Метран». Каталог продукции 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ru-ru/brands/metran/pages/index.aspx> свободный. – Загл. с экрана.

12. SIMATIC S7-1200 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ste.ru/siemens/contr.html> свободный. – Загл. с экрана.
13. ЭлеСи. Продукция. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elesy.ru/products.aspx> свободный. – Загл. с экрана.
14. Новый системный каталог продукции Rittal. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.rittal.com/ru-ru/ebook/ru\\_cat35/index.html](https://www.rittal.com/ru-ru/ebook/ru_cat35/index.html) свободный. – Загл. с экрана.
15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
16. Гост 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606>. – Загл. с экрана.
17. ГОСТ Р 30331.4-95. Защита от тепловых воздействий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001338>. - Загл. с экрана.
18. ГОСТ 10585-75. Топливо нефтяное. Мазут. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.nge.ru/g\\_10585-2013.htm](http://www.nge.ru/g_10585-2013.htm). – Загл. с экрана.
19. Гост 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313>. - Загл. с экрана.
20. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. - Загл. с экрана.



